

# HULLADÉKÉGETÉS

A hulladékégetés tulajdonságai, technológiája,  
előnyei, hátrányai

# 1. Hulladékkezelési eljárások

Hőfokszint szerint hideg és meleg hulladékkezelési eljárásokat különböztetünk meg.

## A hideg eljárások:

- ❑ a mechanikai eljárások (válogatás, osztályozás, aprítás);
- ❑ a fizikai eljárások (oldás, kishőfokú szárítás);
- ❑ kémiai eljárások (semlegesítés, nedves oxidálás);
- ❑ biológiai eljárások (anaerob, aerob lebontás).

## A meleg eljárások:

- ❑ a fizikai eljárásoknál alkalmazott nagy hőfokú szárítás, olvasztás és kigázosítás;
- ❑ kémiai eljárásoknál alkalmazott égetés, pirolízis, elgázosítás.

## 2. Ártalmatlanítás termikus eljárásokkal

Az oxidáció függvényében alapvetően három termikus hulladékkezelési eljárásfajta különböztethető meg.

### **A hulladékégetés:**

- ❑ exoterm folyamat,
- ❑ tökéletes oxidáció,
- ❑ megfelelően nagy légfelesleg ( $\lambda > 1$ )

### **A pirolízises eljárás (hőbontás):**

- ❑ légfelesleg nélküli szétbomlasztás ( $\lambda = 0$ ),
- ❑ a hulladék levegőtől elzárt melegítése során pirolízis-gáz és pirolízis-kokszt keletkezik,
- ❑ szükséges a pirolízis-gáz és a pirolízis-kokszt utókezelése

### **Az elgázosítás :**

- ❑ részleges oxidáció kevés levegővel ( $\lambda < 1$ ),
- ❑ csaknem valamennyi hulladék feldolgozható, de igényesebb az előkészítés, mint a többi eljárásnál,
- ❑ a folyamat során tisztítandó nyers gáz és megolvadt szervesetlen maradék keletkezik, a tisztítást követően a gáz energetikailag hasznosítható.

# 3. Égetés

- ❑ olyan kezelési eljárás, mely a hulladék anyagi minőségének megváltoztatásával jár,
- ❑ az égetés során a hulladék szervesanyagkomponensei a levegő oxigénjével reagálva gázokká, vízgőzzé alakulnak és füstgázként távoznak az égető rendszerből,
- ❑ az éghetetlen szervesetlen anyag salak vagy pernye formájában marad vissza,
- ❑ a hulladékégetés során a legkülönbözőbb típusú, összetételű és halmazállapotú anyagokat kell elégetni,
- ❑ ettől meglehetősen bonyolult folyamat,
- ❑ az égéstér követelményei:
  - tartózkodási idő: 2-10 s min.
  - min. 800°C; veszélyes hulladék: min. 1200°C
  - kiegészítő tüzelés: olaj vagy földgázégő
  - levegőfelesleg: 150-200%
  - megfelelő áramlási viszonyok,

# 3. Égetés (folytatás)

- ❑ a megfelelő áramlási viszonyok mechanikai eszközökkel (mozgó rostélyok, forgó kemence, bolygatószerkezet), valamint aerodinamikai módszerekkel (gázáramok irányított mozgása) teremthetők meg;
- ❑ az égető berendezések tervezésekor figyelembe veszik a hulladék fizikai és kémiai tulajdonságait (szemcseméret, térfogattömeg, fűtőérték, nedvességtartalom, hamutartalom, éghető anyag, káros anyagok: S Cl, F stb.);
- ❑ az égetés célja a hulladék szerves anyagainak minél tökéletesebb oxidációja;
- ❑ a nagy hőmérséklet hatására olyan folyamatok is végbemennek, amelyek a hulladék lebomlását eredményezik, pl. klór kötések lebomlása sósavvá vagy a fém-kloridok, szulfátok képződése;
- ❑ a felszabaduló gőzt a kazánban gőztermelésre használják, a hulladék fűtőértékétől függően 1 kg hulladékból átlagosan 1,5 kg 120-150°C éles gőz termelhető, a korszerű kazánok hatásfoka 75-80% között van;
- ❑ a füstgázok a kazánból 250-300°C-ra lehűlve távoznak (hulladékhő), jelentős mennyiségű szálló port, pernyét, HCl-t, HF-t, SO<sub>2</sub>-t, NO<sub>x</sub>-t, CO-t tartalmaznak;
- ❑ a por és a pernyetartalom 99%-os hatásfokkal leválasztható száraz vagy nedves eljárások leválasztók alkalmazásával.

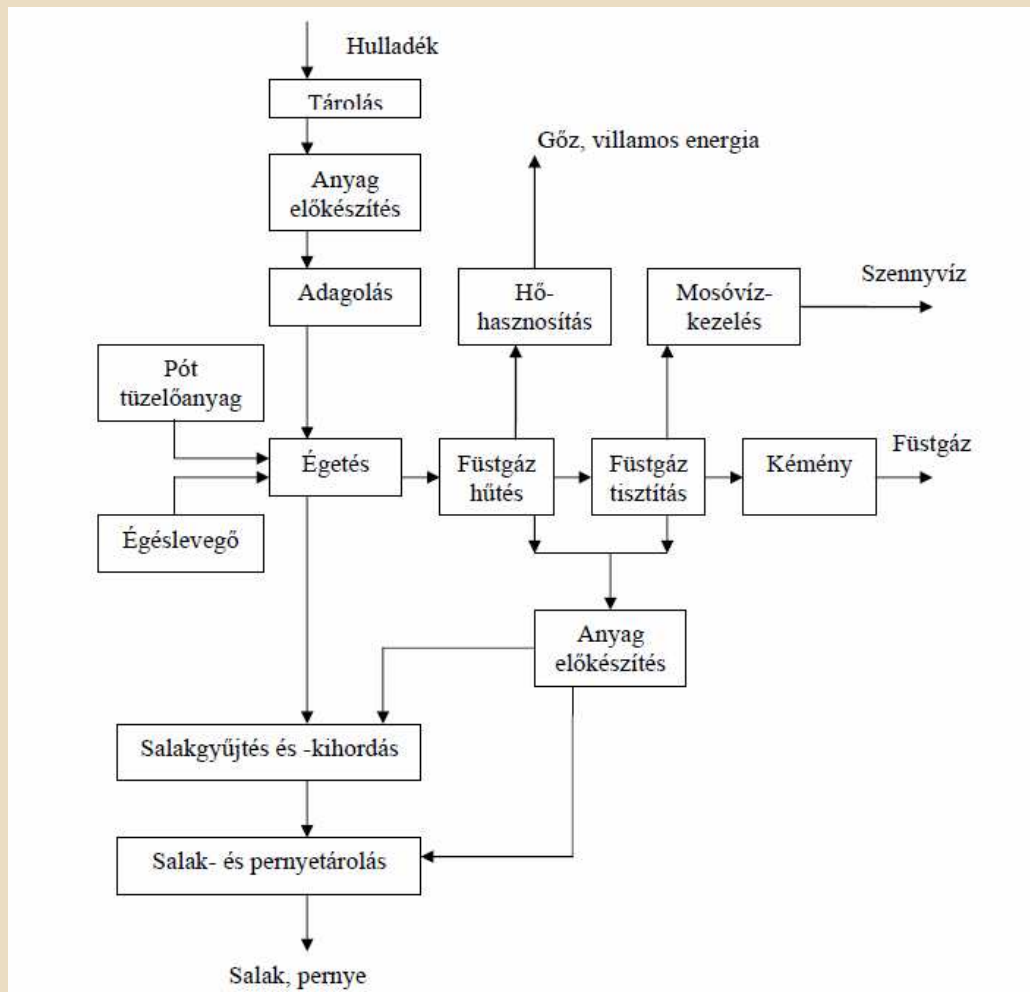
## 4. Az égetés fő technológiai lépései

- a hulladék átvétele és feldolgozás előtti tárolása
- az ártalmatlanításhoz ismerni kell a hulladék főbb jellemzőit:
  - halmazállapot (folyékony, pasztás, szilárd, ill. kevert);
  - elemi analízissel megállapított kémiai összetétel (szén-, hidrogén-, oxigén-, nitrogén-, kén-, víz-és hamutartalom);
  - gyors analízissel megállapított összetétel (fix szén-, illóanyag-, víz-és hamutartalom);
  - fűtőérték;
  - sűrűség;
  - a hamu olvadási jellemzői;
  - szilárd hulladék esetében szemcseméret-eloszlás, maximális darabnagyság, valamint anyagfajták szerinti összetétel;
  - folyékony hulladék esetében viszkozitás, gyulladási-és lobbanáspont, valamint szilárd szennyezőanyag-tartalom és annak legnagyobb szemcsemérete, kémhatás;
  - halogénanyag-tartalom (kloridok, fluoridok, bromidok);

# 4. Az égetés fő technológiai lépései (folytatás)

- nehézfém-tartalom (ólom, kadmium, higany, réz, vanádium stb.);
- egyéb fém-tartalom (vas, kalcium, nátrium stb.);
- egyéb mérgezőanyag-tartalom (PCB);
- egyéb specifikus anyagi tulajdonságok szükség szerint (pl. fertőző tulajdonság, hőmérséklet stb.);
- mennyiségi adatok (szélső határok, átlagértékek);
- a hulladék előkészítése (aprítása és összetételének megfelelő keverése);
- a hulladék égetése az első égéstérben, a kemencében majd az utóégető kamrában, melynek feladata az első tüztérben végbement tökéletlen égés befejezése;
- az égésterekből kilépő forró füstgázok lehűtése és hőtartalmának hasznosítása a hőhasznosító kazánban hő- vagy villamos energia formájában;
- a hőhasznosítót elhagyó füstgáz káros komponenseinek emissziós határértékre történő csökkentése a füstgáztisztító rendszer segítségével;
- a füstgáztisztítás során keletkező szennyvizek tisztítását a vízkezelő rendszer, míg a szilárd égési maradékok kezelését a salak- és pernyekezelő rendszer biztosítja.

# 4. Az égetés fő technológiai lépései (folytatás)



1. ábra: A hulladékégetés általános technológiai blokkvázlata



# 4.1 Tárolás, előkészítés, adagolás

- a szilárd hulladékot megfelelően kialakított bunkerben tárolják. Mozgatását és adagolását polipmarkolós híddaruval végzik;
- a nem szivattyúzható iszapot és nagy viszkozitású (a szakmai gyakorlatban pasztásnak nevezett) hulladékot megfelelően kialakított kazettás bunkerban tárolják. Mozgatását és adagolását serleges markolóval ellátott híddaruval végzik (a tárolótér szükségszerűen fűthető);
- a szivattyúzható iszapot és a nagy viszkozitású hulladékot fűthető, zárt tartályban tárolják, mozgatásukat és adagolásukat szivattyúval végzik;
- a folyékony hulladékot fűthető, zárt tartályban vagy hordóban tárolják. Mozgatását és adagolását speciális szivattyúkkal végzik.
- A szilárd és nem szivattyúzható iszaphulladék általában különleges előkezelést nem igényel kivéve, ha a kemence szerkezeti megoldásai miatt méretcsökkenés szükséges, pl. aprítással.
- A folyékony hulladék és iszap többnyire égetés előtti előkezelést igényel, amit a hulladék anyagi jellemzői és az égetőrendszer kialakítása határoz meg.
- A legszükségesebb előkezelési módszerek: méregtelenítés és semlegesítés, üleptetés (dekantálás), víztartalomcsökkentés, emulzióbontás, homogenizálás.
- A folyékony hulladék és a szivattyúzható iszap tűztérbe adagolását arra alkalmas égetőfejekkel végzik.
- A szilárd részekkel is erősen szennyezett folyékony és iszaphulladék (a legnagyobb szilárdanyag-tartalom 70% lehet) égetésére főleg injektálásos égőfejeket használnak, amelyben gőzzel, levegővel porlasztják a folyadékot.

## 4.2 Hulladék égető berendezések

A hulladékok égetésére használt berendezések lehetnek:

- ❑ a hulladék égetésére tervezett speciális égetők,
- ❑ más célú ipari berendezések, amelyekben a technológiának megfelelő égetés mellett történik a hulladék együtt égetése.

A tüzelőberendezések kialakításuk szerint lehetnek:

- ❑ rostélytüzelésű,
- ❑ rostély nélküli,
- ❑ fluid-ágyas égetők.

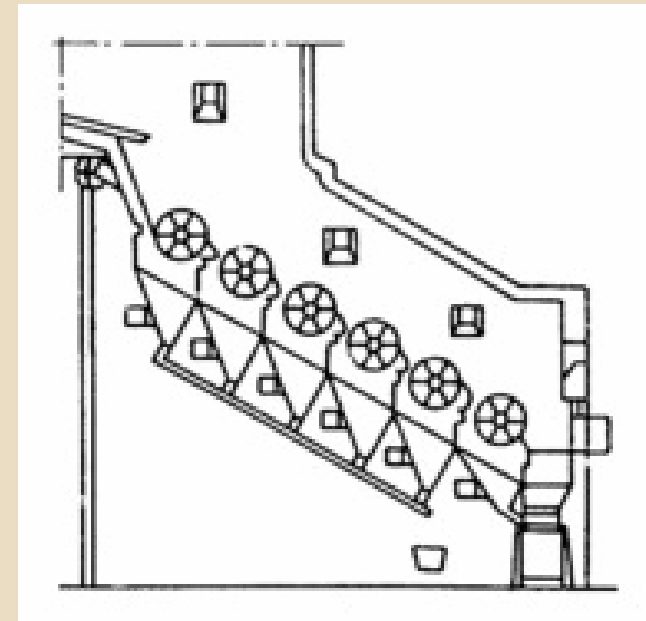
## 4.21 Rostélytüzelésű berendezések

- főleg települési szilárd és termelési szilárd hulladék és bizonyos korlátozásokkal iszap halmazállapotú termelési hulladék égetésére alkalmazzák;
- a legáltalánosabban használt rostélytípusok: hengerrostély (VKW-Babcock), visszatoló rostély (Martin), előtoló lengőrostély (Steinmüller), ellenáramú előtoló rostély (K + K Ofenbau);
- a rostélyok átlagos termikus terhelhetősége 2000–4000 MJ/(m<sup>2</sup> × h);
- a rostélyok biztosítják a hulladék állandó keverését, mozgatását, valamint az égéságy megfelelő levegőztetését teszik lehetővé.

## 4.21 Rostélytüzelésű berendezések

A rostélyoknál lehetővé kell tenni:

- a primer levegőnek hosszirányban legalább öt zónában, egymástól független szabályozhatóságát;
- a rostély szállítási sebességének legalább három zónában (gyulladás tartományban, fő égési zónában és a kiegészi zónában) egymástól független szabályozhatóságát;
- a hulladék réteg intenzív bolygatását;
- a rostélyszőnyegen lévő levegőrészek azonos méretét és egyenletes elosztását;
- a hűtőlevegő-igény legfeljebb az égési levegő tüzelőágyba vezetett mennyiségével azonos legyen.

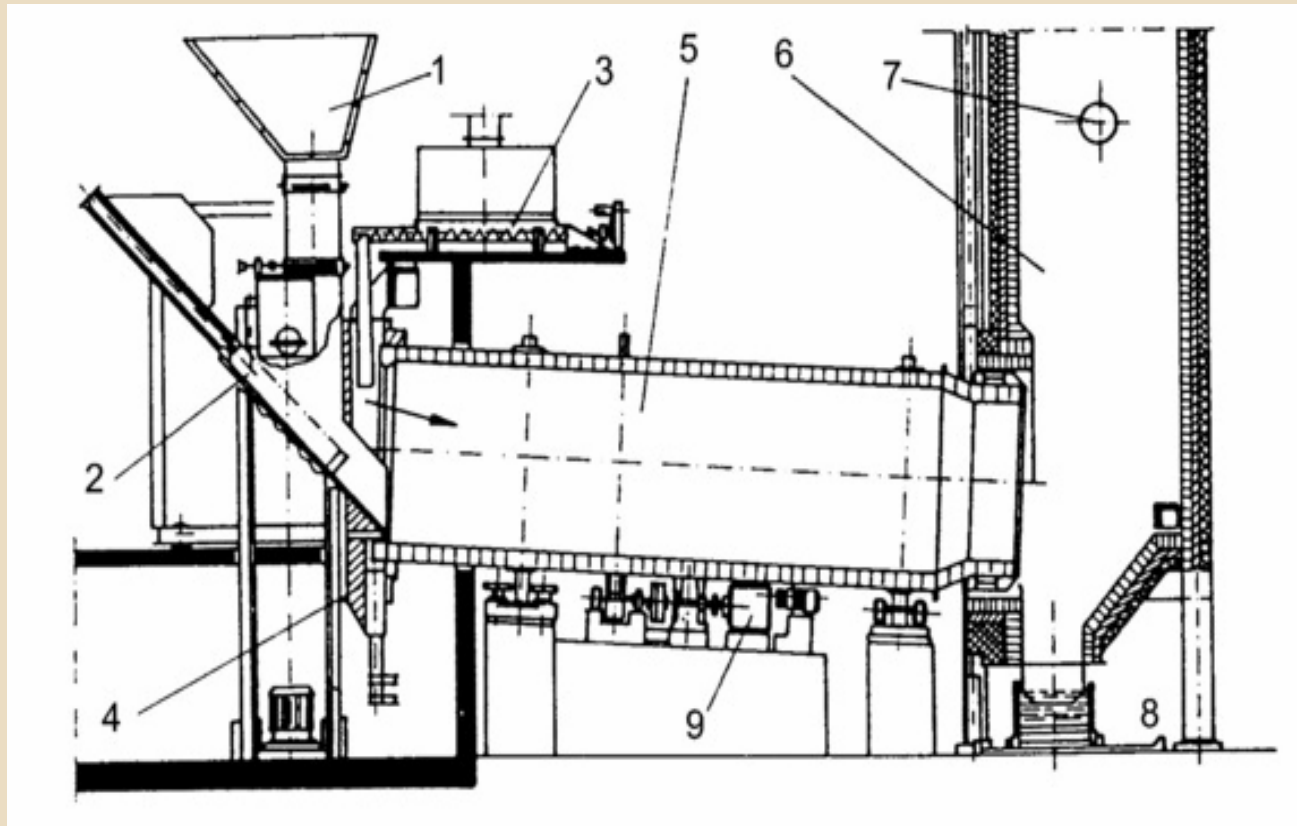


2. ábra: Hengerrostély szerkezeti vázlat

## 4.22 Rostély nélküli hulladékégetők (Forgódobos kemence)

- főleg folyékony és pasztás hulladék, valamint iszap égetésére használatosak, azonban némelyik megoldás szilárd hulladék kezelésére is megfelelő;
- főként a tűztér kialakításában különböznek a rostélyos berendezéstől. A rostély nélküli hulladékégetők tűztere általában hengeres, ezáltal majdnem kétszeresére növelik a hősugárzás intenzitását;
- típusaik: forgódobos kemencék, égetőkamrák, emeletes kemencék, fluidizációs kemencék, egyéb speciális tűzterek;
- A *forgódobos kemence* tűzálló falazattal kibélelt hengeres tűztér, amely a vízszinteshez képest enyhén lejt és lassan forog. A fordulatszám és a dőlésszög változtatásával szabályozható a hulladék tartózkodási ideje. Az anyagi jellemzőktől függően a hulladék kiégetési időtartama a kemencében 15–70 min.

## 4.22 Rostély nélküli hulladékégetők (Forgódobos kemence)

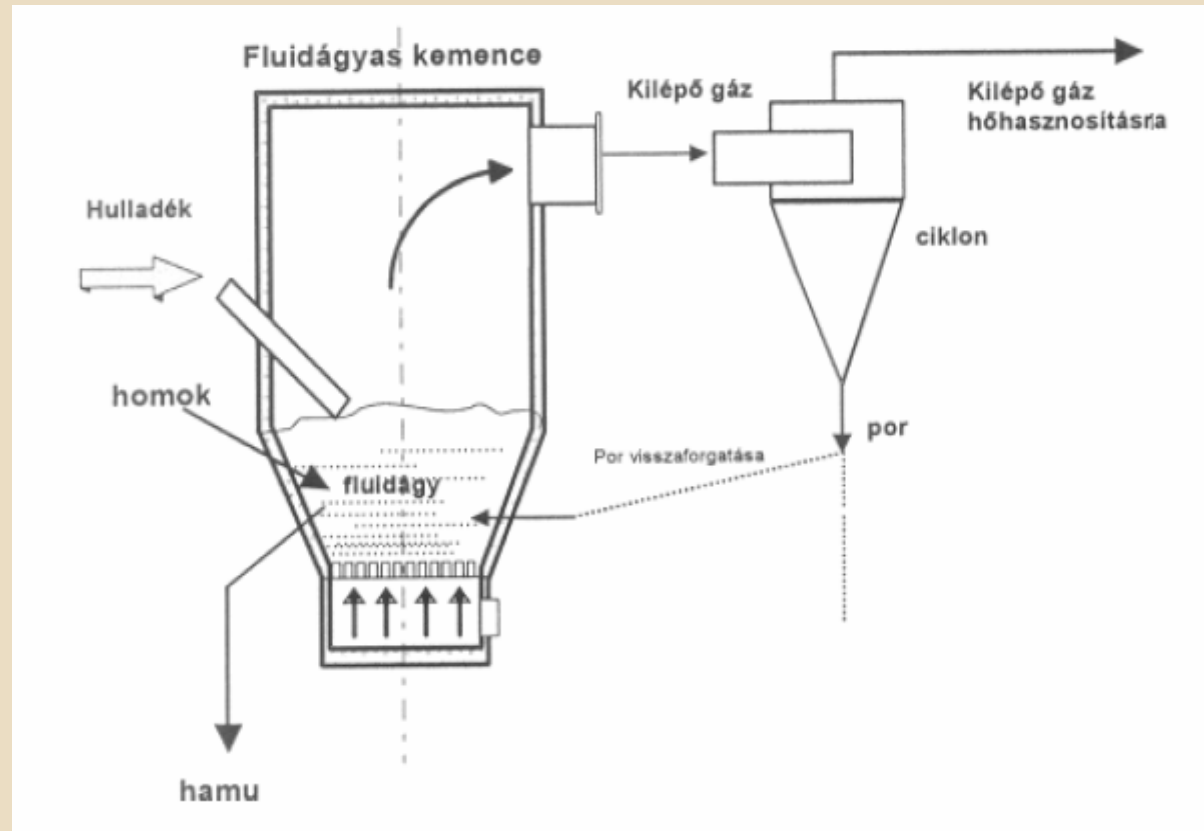


3. ábra: A forgódobos kemence felépítésének vázlata

## 4.23 Fluidizációs kemence

- A fluidizációs (örvényágyas vagy fluid ágyas) kemence folyékony, pasztaszerű, aprított szilárd hulladék és iszap kezelésére is alkalmas.
- Az intenzív hő- és anyagátadás miatt igen nagy fajlagos égetési teljesítmény érhető el.
- Az égetendő anyag a fluid ágy rétegére esik, vagy részben az fluid réteg felett porlasztják be. Az elgőzölögtetéssel, bomlási és kigázosodási reakciókkal a komponensek illóvá válnak, jól elkeverednek az égéshez szükséges levegővel, majd az örvényréteg felett elhelyezkedő gágrétegig jutnak és ott reagálnak. Az ehhez szükséges tartózkodási idő rövid.
- a kemence szokásos tüztér hőmérséklete 750 – 850 °C.
- szokásos légfelesleg-tényezője:  $\lambda = 1,1 - 1,3$ .

# 4.23 Fluidizációs kemence



4. ábra: A fluidizációs kemence vázlata



# 5. Utóégető kamra

- az utóégető kamrában az intenzív lángsugárban eléggő anyagokat (pl. a folyékony hulladékokat, gázokat) közvetlenül, egy lépésben is el lehet égetni.
- A szilárd, a pasztaszerű anyagok el- és kiégetéséhez hosszú időre van szükség. Ez a folyamat az első égéstérben játszódik le. Itt a hulladék kiszáradása, kigázosodása, karbonégése és a salak kiégése az anyag felületén játszódik le.
- az utóégetőben kedvezőtlen az oxigén és az inert gázok koncentráció aránya, melyen szekunder levegő befújással lehet javítani;
- a nagyhőfokú viszkózus füstgázokat nem lehet intenzíven összekeverni a szekunder levegővel, a sok fúvókára elosztott szekunder levegő keveredés nélkül pászmákban áramlik az állandó keresztmetszetű kamrában;
- a még éghető komponensek koncentrációja nagyon lecsökken, ezért az oxigén molekulákkal történő ütközés valószínűsége is romlik;
- a tűzálló bélés falhatása és az élek mentén kialakuló holtter rontja az égetés hatását.

## 6. Hőhasznosítás, füstgáz hűtés

- A hulladékégetés füstgázai a tüztérből 900–1000 °C-on vagy ennél nagyobb hőmérsékleten távoznak és azokat a tisztítóberendezések hőtűrő képessége miatt és a harmatponti korrózió elkerülésére 250–350 °C-ra le kell hűteni.
- A füstgáz hűthető közvetlen és közvetett módszerrel.
- A közvetlen módszer esetében a füstgázt levegőbefúvással vagy vízbepermetézéssel hűtik, a közvetett módszerekben pedig hőcserélőket (rekuperátorokat, melegvíz és gőzkazánokat) alkalmaznak.

# 7. Füstgáztisztítás

A füstgáztisztítás során:

- a szilárd komponensek hatásos leválasztása (porleválasztó ciklon, elektrosztatikus leválasztó, porszűrő) ;
- a folyadékban jól elnyelődő gázkomponensek leválasztása (nedves leválasztók: permetező mosók, Venturi-mosó);
- a szilárd anyagon megkötődő gáz/gőz komponensek leválasztása (adszorberek);
- a katalitikus /nem katalitikus redukciókkal történő bontás valósul meg.

## 8. Szilárd égési maradékok kezelése

- A szilárd égési maradékok (salak és pernye) anyagi tulajdonságaik miatt környezetet nem károsító módon kizárólag rendezett, ill. rendezett biztonságos lerakókon helyezhetők el.
- A maradékok mennyisége és összetétele a hulladék jellemzőitől és a tüzelőberendezés üzemmódjától függ. A salak szemcseeloszlása elsősorban a hulladék darabosságától függ, valamint a tüzelőberendezés és a tűzvitel szabályozásának megoldásától is. Erősen változó összetételű, olvadási tartománya 1100–1600 °C. Éghető-anyag-tartalma gyakran eléri a 10–15%-ot is, de többnyire 8% alatt tartható.
- Szilikáttartalma 50–70%, kén-, klorid-és fluoridtartalma néhány tized százalék.
- Vízoldható sótartalma 0,5–5%, azonban némelyik veszélyes hulladék égetésekor ennél sokkal nagyobb is lehet.
- A pernye a salak mennyiségének 5–10%-a. szélsőségesebb tulajdonságai vannak, mint a salaknak. Abszorpciós képessége miatt kén-, fluoridokat, kloridokat és nehézfémeket (ólom, cink, kadmium, ón stb.) tartalmaz néhány tized százaléktól néhány százalékig. Vízoldhatóanyag-tartalma igen nagy, átlagosan 8–10%, de elérheti akár a 35%-ot is. Szemcsemérete általában 2–120µm.
- A salakot a tűztér végén kialakított nedves rendszerű salakeltávolítóban hűtik le és hordják ki a salakbunkerba vagy átmeneti tárolóba

# 9. Előnyök, hátrányok

## A hulladékégetés előnyei:

- ❑ a keletkező hulladékok térfogatát és tömegét jelentősen csökkenti (kisebb területigény a végső elhelyezésnél)
- ❑ a keletkezett hő hasznosítható energiatermelésre, távhőszolgáltatásra, ipari gőzszolgáltatásra
- ❑ korszerű füstgáztisztítási technológiával betarthatók a kibocsátási előírások
- ❑ alkalmas a fáradt olaj ártalmatlanítására, a termelési hulladékok is elégethetők
- ❑ közegészségügyi szempontból a leghatékonyabb, mert a kórokozók elpusztulnak

## A hulladékégetés hátrányai:

- ❑ az égetés másodlagos környezetszennyezéssel jár (pernye és salakelhelyezés problémája, levegőszennyezés)
- ❑ beruházási és üzemeltetési költsége lényegesen magasabbak az egyéb eljárásoknál (lerakás, komposzt, biogáz)
- ❑ A veszélyes hulladékok ártalmatlanítására csak speciálisan tervezett égetőművek alkalmasak
- ❑ a heterogén jellemzői miatt anyag előkészítés szükséges
- ❑ ökológiai szempontból kedvezőtlen, mert a termikusan bontott anyag kikerül a természetes körforgásból.

# Felhasznált irodalom

- dr. Örvös Mária – Termikus hulladékkezelés
- [www.tankonyvtar.hu](http://www.tankonyvtar.hu)
- Duna-Vértes köze Regionális Hulladékgazdálkodási Program Megvalósíthatósági tanulmány